

(19) 日本国特許庁 (J P) (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許公開番号
特開2000-293693
(P2000-293693A)
(43) 公開日 平成12年10月20日 (2000. 10. 20)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	7-73+ (参考)
G 0 6 T 7/00	P 1	G 0 6 F 15/62 4 1 5 5 B 0 5 7
G 0 1 V 8/10	G 0 8 G 1/16	G 0 8 G 1/16 C 6 H 1 8 0
G 0 6 T 1/00	G 0 1 V 9/04	G 0 1 V 9/04 S
G 0 8 G 1/16	G 0 6 F 15/62	3 8 0

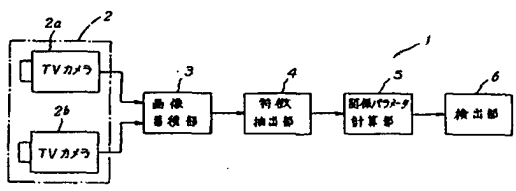
審査請求 未請求 請求項の数12 書面 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特開平11-130451	(71) 出願人	000003078 株式会社東芝
(22) 出願日	平成11年3月31日 (1999. 3. 31)	(72) 発明者	株式会社東芝 府部 豊 兵衛保神戸市東灘区本山南町 8丁目 6番26 号株式会社東芝関西研究所内 (72) 発明者 前田 寛一 兵衛保神戸市東灘区本山南町 8丁目 6番26 号株式会社東芝関西研究所内 (74) 代理人 100073765 弁護士 渡辺 久 (外 1 名)

最良目に換く

(54) [発明の名称] 障害物検出方法および装置

(57) [要約]
[課題] キャリブレーションを行うことなく走行中に振動や路面自体に傾斜があつても路面上に存在する障害物を検出する。
[解決手段] 複数の線を行する道路平面上の障害物領域を抽出する障害物検出装置1。障害物検出装置1は、道路平面を撮影する2台のTVカメラ2a、2bと、TVカメラ2a、2bによりそれぞれ撮影された左画像、右画像を蓄積する画像蓄積部3と、この画像蓄積部3に蓄積された左画像、右画像上に設けられた複数の線を抽出し、抽出した複数の線に基づいて左画像、右画像間の対応点を求める特徴抽出部4と、この特徴抽出部4により求められた対応点に基づいて、道路平面上の任意の点の左画像、右画像への投影位置の間に成り立つ関係式のパラメータを計算する関係式パラメータ計算部5と、この関係式パラメータ計算部5により計算されたパラメータにより定まる関係式に基づいて道路平面に対して異なる高さを行する領域を障害物領域として検出する検出部6とを備えている。



[特許請求の範囲]
[請求項1] 複数の線を行する面上の障害物領域を検出する障害物検出装置であつて、
画像を撮影する複数の撮影デバイスと、この複数の撮影デバイスによりそれぞれ撮影された複数の画像を記憶する画像記憶手段と、この画像記憶手段に記憶された複数の画像上に表された前記複数の線を抽出し、抽出した複数の線に基づいて前記複数の画像間の対応点を求める抽出手段と、この抽出手段により求められた対応点に基づいて、前記面上の任意の点の各画像への投影位置の間に成り立つ関係式のパラメータを計算するパラメータ計算手段と、このパラメータ計算手段により計算されたパラメータにより定まる関係式に基づいて前記面上に対して異なる高さを行する領域を障害物領域として検出する検出手段と、このパラメータ計算手段により計算されたパラメータにより定まる関係式に基づいて前記面上に対して異なる高さを行する領域を障害物領域として検出する検出手段とを備えることを特徴とする請求項1記載の障害物検出装置。
[請求項2] 前記複数の撮影デバイスの内の1つの基構撮影デバイスにより撮影された画像を基構画像とし、残りの撮影デバイスにより撮影された画像を参照画像としたとき、前記基構画像上の任意の点に前記参照画像上の対応点を、前記基構画像上の任意の点と前記基構撮影デバイスの視点とを結ぶ直線の前記参照画像上の投影直線上に拘束されることを特徴とする請求項1記載の障害物検出装置。
[請求項3] 前記抽出手段は、前記基構画像上の複数の線および前記参照画像に対する前記参照画像上の投影直線に基づいて前記基構画像および前記参照画像の対応点の組を求めており、
前記パラメータ計算手段は、前記抽出手段により求められた前記基構画像および前記参照画像間の複数の対応点の組に基づいて、前記面上の任意の点の前記基構画像および前記参照画像に対する投影位置の間に成り立つ関係式のパラメータを求める手段であることを特徴とする請求項2記載の障害物検出装置。
[請求項4] 前記抽出手段は、前記基構画像上の複数の線の内の一本の線1上の第1の複数の点と前記参照画像上の投影線との交点を第1の複数の対応点として求め、前記基構画像上の複数の線の内の1以外の1本の線上の第2の複数の点と前記参照画像上の投影線との交点を第2の複数の対応点として求め、前記抽出手段は、前記第1の複数の点および第1の複数の対応点の組と前記第2の複数の点および第2の複数の対応点の組とを求め、このようにしたことを特徴とする請求項3記載の障害物検出装置。
[請求項5] 前記検出手段は、前記基構画像上の任意の点の前記面上に存在すると仮定した場合に、前記任意の点に対応する前記参照画像上の対応点を、前記関係式パラメータにより定まる関係式に基づいて求め、前記基構画像上の任意の点の傾度と求められた前記参照画像上の対応点の傾度とを比較することにより、前記基構画像上の任意の点の前記面上に対して異なる高さを行する障害物領域に属するか否かを判定するようにしたことを特徴とする請求項5または4記載の障害物検出装置。
[請求項6] 前記検出手段は、前記参照画像を、当該参照画像の任意の点の前記面上に存在する画像に変換する場合に、前記基構画像と前記参照画像により変換された参照画像との差異を計算し、計算された差異に基づいて、前記参照画像上の任意の点の前記面上に対して異なる高さを行する障害物領域に属するか否かを判定する差異計算手段とを備えたことを特徴とする請求項5または4記載の障害物検出装置。
[請求項7] 前記差異計算手段は、前記基構画像と前記参照画像との差分を取ることににより前記差異を計算するようにしたことを特徴とする請求項6記載の障害物検出装置。
[請求項8] 前記差異計算手段は、前記参照画像上の任意の点に対して、この点を中心としたウィンドウを設定し、設定したウィンドウ内の前記基構画像および前記変換参照画像間の傾度値の正規化相互相関を計算することにより差異を計算するようにしたことを特徴とする請求項6記載の障害物検出装置。
[請求項9] 前記面上は実空間で移動する移動体が行く路であり、前記障害物検出装置を前記移動体に搭載したことを特徴とする請求項1乃至8の内の何れか1項記載の障害物検出装置。
[請求項10] 前記検出手段により検出された障害物領域に対して前記移動体を移動させる移動指示情報が出された際に、前記移動体の前記障害物領域への移動を回避するための所定の処理を行う手段を備えたことを特徴とする請求項9記載の障害物検出装置。
[請求項11] 前記画像記憶手段により記憶された少なくとも1つの画像を、前記検出手段により検出された障害物領域を当該画像上の他の安全領域の表示領域とは異なる態様で表示する表示手段を備えたことを特徴とする請求項10記載の障害物検出装置。
[請求項12] 複数の線を行する面上の障害物領域を検出する障害物検出装置であつて、
複数の画像を撮影するステレオと、撮影ステレオにより撮影された複数の画像を記憶するステレオと、この記憶ステレオにより記憶された複数の画像上に表された前記複数の線を抽出し、抽出した複数の線に基づいて前記複数の画像間の対応点を求めるステレオと、このステレオにより求められた対応点に基づいて、前記面上の任意の点の各画像への投影位置の間に成り立つ関係式のパラメータを計算するステレオと、このパラメータ計算手段により計算されたパラメータにより定まる関係式に基づいて前記面上に対して異なる高さを行する領域を障害物領域として検出するステレオとを備えたことを特徴とする障害物検出装置。
[発明の詳細な説明]

4

* 次元空間中で同一点である点を左右画像間で対応づけ、三角測距の要領で、その点の 3 次元位置を求めるものである。各カメラの道路平面上に対する位置や姿勢等をあらかじめ求めておく、ステレオ視により、画像中の任意の点の道路平面からの高さを得ることができ、この高さの有無により、障害物領域と道路領域とを分離することができ、このステレオ視を用いた障害物検出方式によれば、1 台のカメラを用いた場合で区別することが困難であった道路に類似した側度、色、あるいはテクスチャを有する障害物を道路領域と区別して検出することが可能である。ところで、通常のステレオ視技術は、画像上の任意の点のワールド座標系（絶対座標系）に対する 3 次元位置を求める技術であり、このためには、あらかじめ各カメラのワールド座標系に対する関係（位置、姿勢（撮影方向等）、カメラレンズの焦点距離等）に関するパラメータ（関係式パラメータ）を求める必要がある。以下、関係式パラメータを求める作業（処理）をキャリブレーションと呼ぶ。キャリブレーションは、ワールド座標系に対する位置や姿勢、カメラレンズの焦点距離等に関するカメラの位置や姿勢、カメラレンズの焦点距離等に関する関係式パラメータを算出する作業である。しかしながら、上記キャリブレーション作業を行うには、多大な時間と労力を必要とするという問題がある。そこで、画像上で道路領域と障害物領域とを分離することのみに着目して、キャリブレーションを行うことなく、道路平面からの高さの有無を判別し、高さ有り・道路平面上上の障害物、高さ無し・道路平面として、障害物を検出する方法が考え出されている。このとき、道路平面からの高さの有無は、以下のようにして判別できる。道路平面上の点の左右画像への投影点を (u, v) 、 (u', v') とすれば、

$$u' = \frac{h_{11}u + h_{12}v + h_{13}}{h_{31}u + h_{32}v + h_{33}}, \quad v' = \frac{h_{21}u + h_{22}v + h_{23}}{h_{31}u + h_{32}v + h_{33}} \quad \dots (1)$$

※ [外 1]

★ という関係式が成り立つ。なお、 $h = (h_{11}, h_{12}, h_{13}, h_{21}, h_{22}, h_{23}, h_{31}, h_{32}, h_{33})^T$ (T は転置記号) は、各カメラの道路平面上に対する関係（位置と姿勢、さらに、各カメラのレンズの焦点距離、画像原点等）を表す関係式パラメータである。h は、予め道路平面上の 4 点以上の左右画像への投影点 (u_i, v_i) 、 (u'_i, v'_i) ($i = 1, 2, \dots, N$) から求めておく。

★ この関係式を用いて、左画像上の任意の点 P (u, v) 50 点 P' (u', v') を求める。点 P が道路平面上に存在すると仮定した場合の右画像上の対

3

【発明の属する技術分野】道路等の面上を走行する自動車等の車両の運転を支援するために、TV カメラにより、先行車等の他車両や歩行者等の道路上に存在する自車向以外の物体（以下、障害物と定義する）を検出する障害物検出方法および装置に関する。

【従来の技術】道路上の障害物を検出するための技術は、その障害物検出手段としてレーザや超音波等を利用するものと、TV カメラを利用するものとに大別される。障害物検出手段としてレーザを利用する方式は、レーザ自体が高価であるため、非実用的である。また、障害物検出手段として超音波を利用する方式は、超音波の解像度が低いため、障害物の検出精度に問題があり、これも実用性を阻害している。上記 2 つの方式に対して、障害物検出手段として TV カメラを使用する方式は、TV カメラ自体が比較的安価であり、その解像度や計測精度、計測範囲等の面からも障害物検出に適することが分かつている。道路上の障害物検出手段として TV カメラを用いる場合、1 台の TV カメラを使用する方法と複数台のカメラ（ステレオカメラ）を使用する方法がある。

20 1 台の TV カメラを使用する方法は、そのカメラで撮影した 1 枚の画像から、側度や色、あるいはテクスチャ（模様）等の情報を手がかりにして道路領域と障害物領域とを分離する。例えば、画像中で彩度の低い中程度の側度領域、つまり灰色の領域を抽出して道路領域を求めたり、テクスチャの少ない領域を求めて道路領域を抽出し、それ以外の領域を障害物領域としている。しかしながら、道路上には、道路に類似した側度、色、あるいはテクスチャを有する障害物も数多く存在するため、この方法で障害物領域と道路領域とを区別するのは困難である。30 これに対し、複数台の TV カメラを用いる方法は 3 次元情報を手がかりにして道路上の障害物を検出する。これは一般にステレオ視と呼ばれる検出方式である。ステレオ視とは、例えば 2 つのカメラを左右に配置し、3 *

▶ 1

6

存在すれば、点 P と P' が正しい対応点の組となるので、2 点の側度の差は小さくなる。したがって、点 P と P' の側度の違いが大きい場合には、点 P は障害物領域* [外 2]

上述した道路平面からの高さの有無により障害物を検出する方式は、ステレオ視用の複数台のカメラが固定している際、すなわち、車両が停止している際には、道路平面と各カメラとの間の幾何学的な関係は変わらないため、一度求めた関係式パラメータ h を使って、道路平面上に存在する障害物を検出可能である。

★ 【発明が解決しようとする課題】上述したように、複数台の TV カメラを用いて道路平面からの高さの有無によりキャリブレーションを行うことなく障害物を検出する障害物検出装置は、超音波やレーザを検出手段として利* [外 3]

しかしながら、上記道路平面からの高さの有無により障害物を検出する障害物検出装置においては、車両が走行している場合には、車両自体の振動や道路の傾斜の変化等のため、道路平面と各カメラとの間の相対的な位置や姿勢等の関係は時々刻々変化する。すなわち、車両走行中においては、道路平面と各カメラの幾何学的関係は絶えず変化するため、関係式パラメータ h も変化し、障害物の検出精度が著しく低下するという問題があった。

★ ●

本発明は上述した事情に鑑みてなされたもので、エッジ処理や拘束のみが限定的な複数の TV カメラを用いて撮影した複数枚の画像から、面上の 2 本以上の線の投影像を抽出し、抽出した投影像から面と各カメラとの幾何学的な関係を求めることにより、キャリブレーションが不要で、走行中に振動や路面自体に傾斜があつても、路面上に存在する障害物を検出することができき障害物検出方法および装置を提供することをその目的とする。

【課題を解決するための手段】上述した目的を達成するための第 1 の発明によれば、複数の線を有する面上の障害物領域を検出する障害物検出装置であつて、画像を撮影する複数の撮影デバイスと、この複数の撮影デバイスによりそれぞれ撮影された複数の画像を記憶する画像記憶手段と、この画像記憶手段に記憶された複数の画像上に表された前記複数の線を抽出し、抽出した複数の線に基づいて前記複数の画像間の対応点を求める抽出手段と、この抽出手段により求められた対応点に基づいて、前記面上の任意の点の各画像への投影位置の間に成り立つ関係式のパラメータを計算するパラメータ計算手段と、このパラメータ計算手段により計算されたパラメータにより定める関係式に基づいて前記面に対して異なる傾斜を有する領域を障害物領域として検出する検出手段とを備えている。第 1 の発明において、前記複数の撮影デバイスの内の 1 つの基準撮影デバイスにより撮影され

た画像を基準画像とし、残りの撮影デバイスにより撮影された画像を参照画像としたとき、前記基準画像上の任意の点に対応する前記参照画像上の対応点は、前記基準画像上の任意の点と前記基準撮影デバイスの視点とを結ぶ直線の前記参照画像上への投影直線上に拘束される。第 1 の発明において、好適には、前記抽出手段は、前記基準画像上の複数の線および前記基準画像に対する前記参照画像上への投影直線に基づいて前記基準画像および前記参照画像間の対応点を求め、前記パラメータ計算手段は、前記抽出手段により求められた前記基準画像および前記参照画像間の複数の対応点の組に基づいて、前記面上の任意の点の前記基準画像および前記参照画像に対する投影位置の間に成り立つ関係式のパラメータを求める手段である。第 1 の発明において、特に、前記抽出手段は、前記基準画像上の複数の線の内の一本の線 1 上の第 1 の複数の点と前記参照画像上の投影線との交点を第 1 の複数の対応点として求め、前記基準画像上の複数の線の内の 1 以外の一本の線上の第 2 の複数の点と前記参照画像上の投影線との交点を第 2 の複数の対応点として求めることにより、前記第 2 の複数の点および第 1 の複数の対応点の組と前記第 2 の複数の点および第 2 の複数の対応点の組とを求めようとしている。第 1 の発明において、好適には、前記検出手段は、前記基準画像上の任意の点の前記面上に存在すると仮定した場合に、前記任意の点に対応する前記参照画像上の対応点

7

8

9

(6)

10

を、前記関係式パラメータにより定まる関係式に基づいて求め、前記基準画像上の任意の点の座標と求められた前記参照画像上の対応点の座標とを比較することにより、前記基準画像上の任意の点が前記面に對して異なる高さを含む領域に属するか否かを判定するようになっている。第1の発明において、前記抽出手段は、前記参照画像を、当該参照画像の任意の点が前記面に存在すると仮定した場合に、前記基準画像パラメータで得られる画像に変換する変換手段と、前記基準画像と前記変換手段により変換された参照画像との差異を計算し、計算された差異に基づいて、前記参照画像上の任意の点が前記面に對して異なる高さを含む領域に属するか否かを判定する差異計算手段とを備えている。第1の発明において、前記面は実空間で移動する移動物体に搭載されている。上述した目的を達成するための第2の発明によれば、複数の線を有する面上の障害物領域を抽出する障害物抽出方法であって、複数の画像を撮影された複数の線に基づいて前記複数の画像間の対応点を求めるステップと、このステップにより求められた対応点に基づいて、前記面上の任意の点の画像への投影位置の間に成り立つ関係式のパラメータを計算するステップと、このパラメータ計算ステップにより計算されたパラメータにより定まる関係式に基づいて前記面に對して異なる高さを含む領域を障害物領域として抽出するステップとを備えている。

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を添付図面を参照して説明する。なお、本実施形態においては、自動車等の路面（道路平面）上を走行する車両に搭載した左右2台の画像撮影デバイス（TVカメラ、ステレオカメラ）から、その走行方向前方における歩行者や先行車等の道路平面上に存在する障害物を検出する状況想定し、その想定状況での障害物検出装置による障害物検出処理について説明する。図1は、本実施の形態に係る障害物検出装置1の概略構成を示すブロック図である。本実施形態の障害物検出装置1は、道路平面上を走行する車両に搭載されており、自車両の走行時の振動や道路平面の傾斜等により時々刻々変化する道路平面と各TVカメラとの幾何学的関係求め、その幾何学的関係を用いて道路平面上に存在する障害物を検出し、検出した障害物を表示するようにしている。すなわち、障害物検出装置1は、自車両に係る3次元空間内の共通の面である例えば走行方向前方の道路平面上の画像を撮影する左右2台のTVカメラ（左側TVカメラ2a、右側TVカメラ2b）を有する画像撮影部2と、TVカメラ2aにより撮影された画像（左画像）およびTVカメラ2bにより撮影された画像（右画像）を蓄積（記憶）するための画

像蓄積部3と、左画像および右画像上において特徴となされた2以上の線を抽出するための特徴抽出部4と、抽出された特徴線に基づいて関係式パラメータを計算するパラメータ計算部5と、計算された関係式パラメータに基づいて道路平面上に對して異なる高さを含む点を求め、この点を障害物（障害物領域）として検出する検出部6とを備えている。本実施形態においては、図2に示すように、上記道路平面上の2本の線を、道路平面両端の2本の直線（1、1'）とし、直線1、1'方向をY軸、このY軸に對して道路平面上に沿って直交する方向をX軸とするワールド座標系（絶対座標系）を設定する。画像撮影部2は、左右2台のTVカメラ2a、2bにより道路平面上の2枚の画像（左画像1L、右画像1R）をそれぞれ撮影するようにしている。各TVカメラ2a、2bは、例えば所定間隔を空けて、例えばワールド座標系のX軸方向に沿った左右に並べて取りつけられており、その撮影方向は、走行車両の前方に傾かず、後方やサイド方向であってもよい。また、各TVカメラ2a、2bの焦点距離を切り換えることにより、道路平面（路面）の状況に応じて、広角撮影および望遠撮影を行うことも可能である。そして、本実施形態における2台のTVカメラ2a、2bは、そのワールド座標系に対する位置や姿勢は未知で、エドポート拘束のみが既知であるとし、走行中に変化しないように構成されている。ここで、エドポート拘束とは、一般的なステレオカメラに對して成り立つ拘束であり、一方の画像（本実施形態では左画像とし、この画像を基準画像とも呼ぶ）上の任意の点kに對する他方の画像（本実施形態では右画像とし、この画像を参照画像とも呼ぶ）上での点（対応点）k'は、図3に示すように、その右画像1R上のある直線上に拘束されることを意味する。この直線のことをエドポートラインELと呼ぶ。このエドポートラインELは、左画像1L上の点kと左側TVカメラ2aの視点（レンズの中心点位置）とを右画像1R上に投影してそれらと結ぶことにより定められる。例えば、各TVカメラ2a、2bの光軸を平行に配した場合には、左画像1L上の任意の点の右画像1R上での対応点は、その右画像1R上における同一直線上に存在するので、エドポートラインと直線は一致する。エドポート拘束は、ステレオカメラ（左側TVカメラ2a、右側TVカメラ2b）間の相対的な位置・姿勢の関係と、各カメラ2a、2bの内部パラメータ、すなわち、各カメラレンズの焦点距離、画像原点等に依存するため、エドポート拘束が不変であることは、ステレオカメラ2a、2bの相対的な位置関係等が走行中に変化しないことを意味する。エドポート拘束は以下のようにして求めておく。今、ステレオ画像（左画像1L、右画像1R）の任意の対応点の組（u₁, v₁）、（u₁' , v₁'）（i=1, 2, ..., N）には、

$$[数2]$$

(6)

$$(u_1', v_1', 1) F (u_1', v_1', 1)^T = 0 \quad \dots (2)$$

★（但し、Fは、3×3のマトリクス）という関係式が成り立つ。8組以上、N=8以上の対応点の組からマトリクスFを求めることができる。すなわち、マトリクスFを対応点の組のみを用いて求めることができ、右画像1R上の直線

【数3】

▶ 3

$$(F_{11} u + F_{12} v + F_{13}) u' + (F_{21} u + F_{22} v + F_{23}) v' + (F_{31} u + F_{32} v + F_{33}) = 0$$

★上にあることとなり、これがエドポートラインELとなる。すなわち、式(2)がエドポート拘束を表す。ここで、F₁₁ (1, 1, 2, 3) はマトリクスFの1行1列の要素である。画像蓄積部3は、画像メモリを有しており、画像撮影部2の各TVカメラ2a、2bにより撮影された2枚の画像（左画像1L、1R）を画像メモリにそれぞれ蓄積するようにしている。特徴抽出部4は、演算処理プロセッサおよびメモリを有しており、最初に、画像蓄積部2により蓄積された2枚の画像（左画像1L、右画像1R）上において、道路両端の2本の直線（白線）1、1'をそれぞれ抽出する。なお、上記2本の直線抽出は、Hough変換等を用いて行なう。直線1と1'は左右画像1L、1R上において、各交点（消失点）V、V'を持ち、V'はVのエドポートラインL'V上にあることを利用すれば、計算量を削減することが可能である。このとき、左画像1L上における直線1上の任意の2点を各々A、C、直線1'上の任意の2点を各々B、Dとすると、特徴抽出部4は、これら4点の右画像1R上の対応点A'、B'、C'、D'を、

【数4】

$$u' = \frac{h_{11} u + h_{12} v + h_{13}}{h_{31} u + h_{32} v + h_{33}}, \quad v' = \frac{h_{21} u + h_{22} v + h_{23}}{h_{31} u + h_{32} v + h_{33}} \quad \dots (4)$$

★

★

* (外4)

ここで、h = (h₁₁, h₁₂, h₁₃, h₂₁, h₂₂, h₂₃, h₃₁, h₃₂, h₃₃)^T (Tは転置記号) は、各カメラ2a、2bのワールド座標系（道路平面）

式パラメータである。

すなわち、パラメータ計算部5は、上記関係式パラメータ上を特徴検出部4で

★ ※10 ※【外6】

[illegible]◆ いて求める. 今, 求められた点 P' ($11', v'$) の座標[illegible]

3台以上のTVカメラを車両に配置することにより、追

【数8】

$$D' = |f(u, v) - g'(u, v)| \cdot (|\cdot| \text{ は絶対値}) \quad \cdots \cdots (8)$$

15

★で表される差分D'を計算し、このD'が、D'≠0、あるいは差分を考慮し、D'>Thr (Thrはあらかじめ設定した閾値)となる点(u, v)を障害物領域に属すると判定し、この点(u, v)を障害物として抽出することができる。また、抽出部6の差異抽出部は、画素間差分をとることによって2枚の画像(左画像、右画像)の差異を抽出したが、本変形例はこれに限定される*

$$C = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{\theta} \sum_{j=-\theta}^{\theta} \frac{(F(u+F, v+\eta) - a_j)(G(u+\xi, v+\eta) - a_j)}{\sigma_1^2 \sigma_2^2} \quad \dots (9)$$

16

*ものではない。例えば、抽出部6の差異抽出部は、各画像(左画像、右画像)の対応する各点(各画素)に対して(2ω+1)×(2ω+1)のウィンドウを設定し、ウィンドウ内の画素値の正規化相互相関Cを計算して差異を抽出することも可能である。この場合、2枚の画像(左画像、右画像)F(u, v)、G(u, v)の点(u, v)Cは、
【数9】

..... (9)

17

略構成を示すブロック図。
【図2】道路平面上に設定されたワールド座標系および道路平面上の白線を示す図。
【図3】エドホーラ拘束を説明するための図。
【図4】図1に示す特徴抽出部の白線抽出処理および左右画像間の対応点の相を求める処理を説明するための図。
【図5】図1の構成に加えて、警報発生処理機能を有する障害物検出装置を示すブロック図。
【図6】図1の構成に加えて、ディスプレイに対する障害物領域および安全領域の表示処理を有する障害物検出装置を示すブロック図。
【図7】図1に示す抽出部の他の構成を示すブロック図。
【図8】ステレオ画像の一例を示す図。
【図9】右画像とその変換画像を示す図。
【図10】左画像と右画像の変換画像とを示す図。

(10)

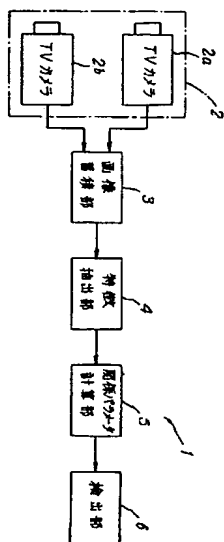
特開2000-293693

18

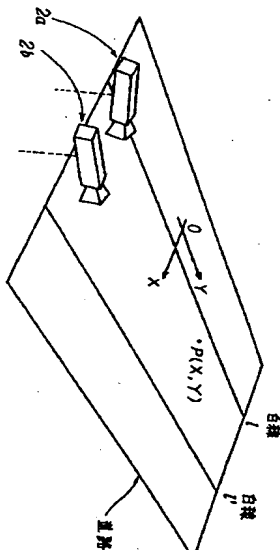
*【図1】本発明の変形例として、移動体に1台のTVカメラを搭載し、道路の路側に設置された道路監視用カメラを利用してステレオ視を行う構成を示す図。
【符号の説明】

- 1 障害物検出装置
- 2 画像撮影部
- 2a、2b TVカメラ
- 3 画像補正部
- 4 特徴抽出部
- 5 関係式パラメータ計算部
- 6 抽出部
- 7 警報発生部
- 8 ディスプレイ
- 9 画像処理プロセッサ
- 10 画像変換部
- 11 差異計算部

【図1】



【図2】



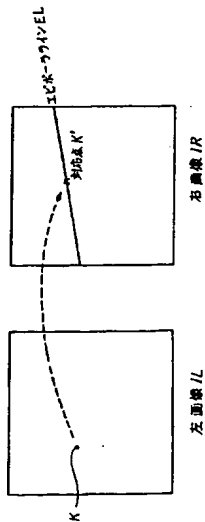
★で表される。ここで、N=(2ω+1)×(2ω+1)、a1、a2は2枚の画像F(u, v)、G(u, v)のウィンドウ内の画素の平均、σ1^2、σ2^2は、2枚の画像F(u, v)、G(u, v)のウィンドウ内の画素の分散である。このとき、差異計算部11は、計算値C<Thr (Thrはあらかじめ設定した閾値)を満たす点(u, v)を障害物領域に属すると判定するようにしている。上述したように、抽出部を变形例に示したように構成しても、障害物領域を容易に抽出することができる。また、本実施例では道路平面の両端の2本の白線を直線として抽出したが、道路がカーブしている場合には白線は曲線となる。この場合には、白線を曲線として抽出すれば、同様に障害物を抽出することができる。また、本実施例では、道路面を平面と仮定して説明したが、曲面の場合であっても、平面の場合と同様に障害物を抽出することができる。さらに、本実施例では、図1に示した各プロセッサ構成要素4〜6それぞれが独立処理プロセッサおよびメモリを有しているとして説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、1つの演算処理プロセッサおよびメモリにより上述した特徴抽出部4の特徴抽出処理、関係式パラメータ計算部の関係式パラメータ計算処理および抽出部6の障害物検出処理を行うように構成することも可能である。ところで、本実施例では、道路面上を走行する車両に搭載されたTVカメラからの障害物検出に関して説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば、航空機やヘリコプター等の移動体が歩道等の路面に走行する際の障害物検出にも適用することが可能である。一方、本実施例によれば、車両等の移動体に2台以上のTVカメラを搭載した場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、図11に示すように、移動体(車両15)には1台のTVカメラ2を搭載し、予め車両15が走行する道路の路幅の上方

に例えば所定間隔毎に設置された道路監視用カメラ16の画像を利用することにより、上述したステレオ視技術に基づく障害物検出処理を行うことも可能である。すなわち、車両15に搭載された1台のTVカメラ2Aを有する障害物検出装置1aは、その走行位置近傍に設置された道路監視用カメラ16の画像を無線通信装置17を経由して受け取り、この画像(第1の画像)と自車両15により撮影された画像(第2の画像)に基づいて上述したステレオ視技術に基づく処理を実行することにより、道路上の障害物を抽出することが可能である。そして、障害物検出装置1aは、自車両15の走行に応じて、自車両15の現在の走行位置に近い方の監視用カメラ16から無線通信装置17を介して送信された第1の画像を用いることにより、連続した障害物検出処理を行うことができる。このように構成すれば、上述した効果に加えて、車両に搭載するTVカメラの台数を減らすことができ、障害物検出装置のシステムが簡素化される。なお、車両に搭載されたTVカメラと道路監視用カメラとの大きさが異なる場合には、得られた第1および第2の画像間で補正処理を行うことが必要である。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲内であれば、如何なる変形も可能である。

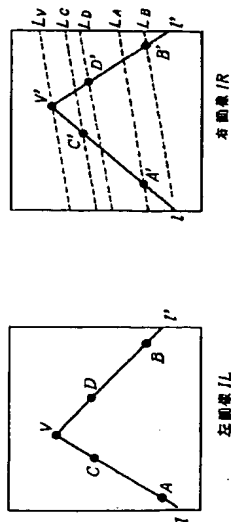
【発明の効果】以上述べたように、本発明の障害物検出方法および装置によれば、路面等の面からの高さの有無により障害物を抽出することができ、明るさの変動や影の影響を受けることなく、画像中から先行車や歩行者等の障害物を抽出することができる。特に、本発明では、路面と各撮影デバイスとの幾何学的な関係を、直線抽出等の簡単な処理により求めていたため、走行中の振動や道路平面に傾斜にある場合でも、安定に面上の障害物を抽出することができ、その実用性を大幅に向上させることができる。

【図面の簡単な説明】
【図1】本発明の実施の形態に係る障害物検出装置の概

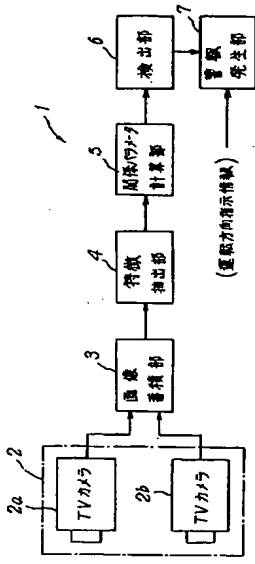
【図3】



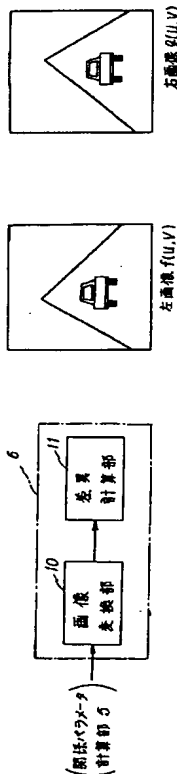
【図4】



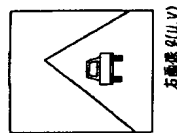
【図5】



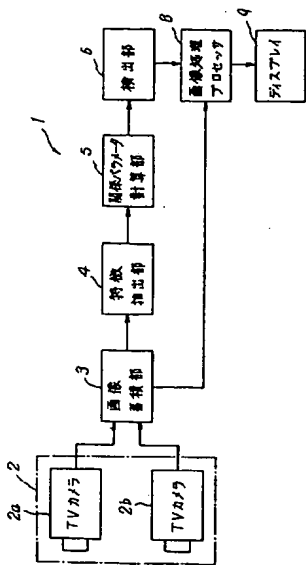
【図7】



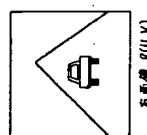
【図8】



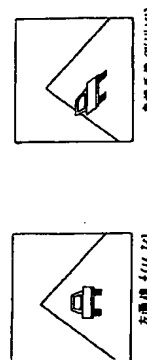
【図6】



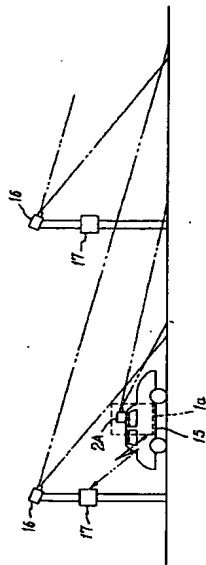
【図9】



【図10】



【図11】



【手続補正書】

【提出日】平成11年7月13日（1999. 7. 1

3）

【手続補正1】

（補正対象書類名）明細書

（補正対象項目名）全文

（補正方法）変更

（補正内容）

【書類名】明細書

【発明の名称】障害物検出方法および装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の線をもつ面上の障害物領域を検

出する障害物検出装置であって、

画像を撮影する複数の撮影デバイスと、この複数の撮影
デバイスによりそれぞれ撮影された複数の画像を記憶す
る画像記憶手段と、この画像記憶手段に記憶された複数
の画像上に表された前記複数の線を抽出し、抽出した複
数の線に基づいて前記複数の画像間の対応点を求める抽
出手段と、この抽出手段により求められた対応点に基づ
いて、前記面上の任意の点の各画像への投影位置の間に
成り立つ関係式のパラメータを計算するパラメータ計算
手段と、このパラメータ計算手段により計算されたパラ
メータにより定まる関係式に基づいて前記面に対して異

なる高さを有する領域を障害物領域として検出する検出手段とを備えたことを特徴とする障害物検出装置。

【請求項2】 前記複数の撮影デバイス内の1つの基体撮影デバイスにより撮影された画像を基体画像とし、残りの撮影デバイスにより撮影された画像を参照画像としたとき、前記基体画像上の任意の点に対応する前記参照画像上の対応点は、前記基体画像上の任意の点と前記基体撮影デバイスの視点とを結ぶ直線の前記参照画像上への投影直線上に拘束されることを特徴とする請求項1記載の障害物検出装置。

【請求項3】 前記抽出手段は、前記基体画像上の複数の線および前記基体画像に対する前記参照画像上への投影直線に基づいて前記基体画像および前記参照画像間の対応点の組を求めており、

前記パラメータ計算手段は、前記抽出手段により求められた前記基体画像および前記参照画像間の複数の対応点の組に基づいて、前記面上の任意の点の前記基体画像および前記参照画像に対する投影位置の間に成り立つ関係式のパラメータを求める手段であることを特徴とする請求項2記載の障害物検出装置。

【請求項4】 前記抽出手段は、前記基体画像上の複数の線の一本の線1上の第1の複数の点と前記参照画像上の投影線との交点を第1の複数の対応点として求め、前記基体画像上の複数の線の内の1以外の1本の線上の第2の複数の点と前記参照画像上の投影線との交点を第2の複数の対応点として求めることにより、前記第1の複数の点および第1の複数の対応点の組と前記第2の複数の点および第2の複数の対応点の組とを求めるようにしたことを特徴とする請求項3記載の障害物検出装置。

【請求項5】 前記抽出手段は、前記基体画像上の任意の点の前記面上に存在すると仮定した場合に、前記任意の点に対応する前記参照画像上の対応点を、前記関係式のパラメータにより定まる関係式に基づいて求め、前記基体画像上の任意の点の傾度と求められた前記参照画像上の対応点の傾度とを比較することにより、前記基体画像上の任意の点の前記面上に対して異なる高さを有する障害物領域に属するか否かを判定するようにしたことを特徴とする請求項3または4記載の障害物検出装置。

【請求項6】 前記抽出手段は、前記参照画像を、当該参照画像の任意の点の前記面上に存在すると仮定した場合に、前記基体撮影デバイスで得られた画像に変換する変換手段と、前記基体画像と前記変換手段により変換された参照画像との差異を計算し、計算された差異に基づいて、前記参照画像上の任意の点の前記面上に対して異なる高さを有する障害物領域に属するか否かを判定する差異計算手段とを備えたことを特徴とする請求項3または4記載の障害物検出装置。

【請求項7】 前記差異計算手段は、前記基体画像と前記変換参照画像との差分を取ることににより前記差異を計

算するようにしたことを特徴とする請求項6記載の障害物検出装置。

【請求項8】 前記差異計算手段は、前記参照画像上の任意の点に対して、この点を中心としたウィンドウを設定し、設定したウィンドウ内の前記基体画像および前記変換参照画像間の傾度値の正規化相互相関を計算する計算手段とにより差異を計算するようにしたことを特徴とする請求項6記載の障害物検出装置。

【請求項9】 前記面は実空間で移動する移動体が走行する路面であり、前記障害物検出装置を前記移動体に搭載したことを特徴とする請求項1乃至8の内の何れか1項記載の障害物検出装置。

【請求項10】 前記抽出手段により検出された障害物領域に対して前記移動体を移動させる移動指示情報を送られた際に、前記移動体の前記障害物領域への移動を回避するための所定の処理を行う手段を備えたことを特徴とする請求項9記載の障害物検出装置。

【請求項11】 前記画像記憶手段により記憶された少なくとも1つの画像を、前記抽出手段により検出された障害物領域を当該画像上の他の安全領域の表示領域とは異なる態様で表示する表示手段を備えたことを特徴とする請求項10記載の障害物検出装置。

【請求項12】 複数の線を有する面上の障害物領域を検出する障害物検出方法であって、複数の画像を撮影するスキャップと、撮影スキャップにより撮影された複数の画像を記憶するスキャップと、この記憶スキャップにより記憶された複数の画像上に表された前記複数の線を抽出し、抽出した複数の線に基づいて前記複数の画像間の対応点を求めるスキャップと、このスキャップにより求められた対応点に基づいて、前記面上の任意の点の各画像への投影位置の間に成り立つ関係式のパラメータを計算するスキャップと、このパラメータ計算スキャップにより計算されたパラメータにより定まる関係式に基づいて前記面に対して異なる高さを有する領域を障害物領域として検出するスキャップとを備えたことを特徴とする障害物検出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 道路等の面上を走行する自動車等の車両の運転を支援するために、TVカメラにより、先行車等の他車両や歩行者等の道路上に存在する車両以外の物体（以下、障害物と定義する）を検出する障害物検出方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 道路上の障害物を検出するための技術は、その障害物検出手段としてレーザーや超音波等を利用するものと、TVカメラを利用するものとに大別される。

【0003】 障害物検出手段としてレーザーを利用する方式は、レーザー自体が路面であるため、非実用的である。

また、障害物検知手段として超音波を利用する方式は、超音波の解像度が低いため、障害物の検出精度に問題があり、これも実用性を阻害している。

【0004】 上記2つの方式に対して、障害物検出手段としてTVカメラを使用する方式は、TVカメラ自体が比較的低価であり、その解像度や計測精度、計測範囲等の面からも障害物検出に適することが分かっている。

【0005】 道路上の障害物検出手段としてTVカメラを用いる場合、1台のTVカメラを使用する方法と複数の台のカメラ（ステレオカメラ）を使用する方法がある。

【0006】 1台のTVカメラを使用する方法は、そのカメラで撮影した1枚の画像から、傾度や色、あるいはテクスチャ（紋様）等の情報を手かりにして道路領域と障害物領域とを分離する。例えば、画像中で影度の低い中程度の傾度領域、つまり灰色の領域を抽出して道路領域を求めたり、テクスチャの少ない領域を求めて道路領域を抽出し、それ以外の領域を障害物領域としている。

【0007】 しかしながら、道路には、道路に類似した傾度、色、あるいはテクスチャを有する障害物も数多く存在するため、この方法で障害物領域と道路領域とを区別することは困難である。

【0008】 これに対し、複数のTVカメラを用いる方法は3次元情報を手かりにして道路上の障害物を検出する。これは一般にステレオ視と呼ばれる検出方式である。ステレオ視とは、例えば2つのカメラを左右に配置し、3次元空間中で同一点である点を左右画像間で対応づけ、三角測距の要領で、その点の3次元位置を求めるものである。

【0009】 各カメラの道路平面に対する位置や姿勢等をあらかじめ求めておく、ステレオ視により、画像中の任意の点の道路平面からの高さを得ることができ、この高さの有無により、障害物領域と道路領域とを分離するものである。

$$u' = \frac{h_{31}u + h_{32}v + h_{33}}{h_{11}u + h_{12}v + h_{13}}, \quad v' = \frac{h_{21}u + h_{22}v + h_{23}}{h_{31}u + h_{32}v + h_{33}}, \quad \dots (1)$$

【例1】

という関係式が成り立つ。なお、 $\vec{h} = (h_{11}, h_{12}, h_{13}, h_{21}, h_{22}, h_{23}, h_{31}, h_{32}, h_{33})^T$ (Tは転置記号) は、各カメラの道路平面に対する関係

(位置と姿勢、さらに、各カメラのレンズの焦点距離、画像原点等) を表す関係式パラメータである。 \vec{h} は、予め道路平面上の4点以上の左右画像への投影点 (

u_i, v_i)、 (u_i', v_i') ($i = 1, 2, \dots, N$) から求めておく。

【0016】 この関係式を用いて、左画像上の任意の点 $P(u, v)$ が道路平面上に存在すると仮定した場合の 右画像上の対応点 $P'(u', v')$ を求める。点 P が道路平面上に存在すれば、点 P' が正しい対応点の

ることができ、このステレオ視を用いた障害物検出方式によれば、1台のカメラを用いた場合で区別することが困難であった道路に類似した傾度、色、あるいはテクスチャを有する障害物を道路領域と区別して検出することが可能である。

【0010】 ところで、通常のステレオ視技術は、画像上の任意の点のワールド座標系（絶対座標系）に対する3次元位置を求める技術であり、このためには、あらかじめ各カメラのワールド座標系に対する関係（位置、姿勢（撮影方向等）、カメラレンズの焦点距離等）に関するパラメータ（関係式パラメータ）を求める必要がある。以下、関係式パラメータを求める作業（処理）をキャリブレーションと呼ぶ。

【0011】 キャリブレーションは、ワールド座標系に対する位置が既知の多数の点を用意し、それらの点の画像への投影位置を求め、ワールド座標系に対するカメラの位置や姿勢、カメラレンズの焦点距離等に関する関係式パラメータを算出する作業である。

【0012】 しかしながら、上記キャリブレーション作業を行うには、多大な時間と労力を必要とするという問題がある。

【0013】 そこで、画像上で道路領域と障害物領域とを分離することのみに着目して、キャリブレーションを行うことなく、道路平面からの高さを判別し、高さ有り→道路平面上の障害物、高さ無し→道路平面として、障害物を検出する方法が考え出されている。

【0014】 このとき、道路平面からの高さの有無は、以下のようにして判別できる。

【0015】 道路平面上の点の左右画像への投影点を (u, v) 、 (u', v') とすれば、

$$h_{31}u + h_{32}v + h_{33} > 0 \quad \dots (1)$$

組となるので、2点の傾度の差は小さくなる。したがって、点PとP'の傾度の違いが大きい場合には、点Pは障害物領域に属すると判定することができ、キャリブレーションを行うことなく障害物の判定を行うことが可能

上述した道路平面からの高さの有無により障害物を検出する方式は、ステレオ

視用の複数台のカメラが固定している際、すなわち、車両が停止している際においては、道路平面と各カメラとの間の幾何学的な関係は変わらないため、一度求めた関係式パラメータ \vec{h} を使って、道路平面上に存在する障害物を検出可能である。

【0018】
【発明が解決しようとする課題】上述したように、複数台のTVカメラを用いて道路平面からの高さの有無によりキャリブレーションを行うことなく障害物を検出する障害物検出装置は、超音波やレーザを検出手段として利用する装置と比べて安価で、かつ検出精度が高く、しかしながら、上記道路平面からの高さの有無により障害物を検出する障害物

検出装置において、車両が走行している場合には、車両自体の振動や道路の傾斜の変化等のため、道路平面と各カメラとの間の相対的な位置や姿勢等の関係は時々刻々変化する。すなわち、車両走行中においては、道路平面と各カメラの幾何学的関係は絶えず変化するため、関係式パラメータ \vec{h} も変化し、障害物の検出精度が著しく低下するという問題があった。

【0020】本発明は上述した事情に鑑みてなされたもので、エビポーラ拘束のみが既知な複数のTVカメラを用いて撮影した複数枚の画像から、面上の2本以上の線の投影像を抽出し、抽出した投影像から面と各カメラとの幾何学的な関係を求めることにより、キャリブレーションが不要で、走行中に振動や路面自体に傾斜があつても、路面上に存在する障害物を検出することができ、障害物検出方法および装置を提供することをその目的とする。

【0021】
【課題を解決するための手段】上述した目的を達成するための第1の発明によれば、複数の線を有する面上の障害物領域を検出する障害物検出装置であつて、画像を撮影する複数の撮影デバイスと、この複数の撮影デバイスによりそれぞれ撮影された複数の画像を記憶する画像記憶手段と、この画像記憶手段に記憶された複数の画像上に表された前記複数の線を抽出し、抽出した複数の線に基づいて前記複数の画像間の対応点を求める抽出手段と、この抽出手段により求められた対応点に基づいて、前記面上の任意の点の各画像への投影位置の間に成り立つ

関係式のパラメータを求める手段である。
【0024】第1の発明において、特に、前記抽出手段は、前記基準画像上の複数の線の内の一本の線1上の第1の複数の点と前記参照画像上の投影線との交点を第1の複数の対応点として求め、前記基準画像上の複数の線の内の1以上の線2上の第2の複数の点と前記参照画像上の投影線との交点を第2の複数の対応点として求め、前記第1の複数の点および第1の複数の対応点の組と前記第2の複数の点および第2の複数の対応点の組とを求めるようにしている。

【0025】第1の発明において、好適には、前記抽出手段は、前記基準画像上の任意の点が前記面上に存在すると仮定した場合に、前記任意の点に対応する前記参照画像上の対応点を、前記関係式パラメータにより定まる関係式に基づいて求め、前記基準画像上の任意の点の傾度と求められた前記参照画像上の対応点の傾度とを比較することにより、前記基準画像上の任意の点の前記面に對して異なる高さを有する障害物領域に属するか否かを判定するようにしている。

【0026】第1の発明において、前記抽出手段は、前記参照画像を、当該参照画像の任意の点の前記面上に存在すると仮定した場合に、前記基準撮影デバイスで得られた画像に変換する変換手段と、前記基準画像と前記変換手段により変換された参照画像との差異を計算し、計算された差異に基づいて、前記参照画像上の任意の点が前記面上に対して異なる高さを有する障害物領域に属するか否かを判定する差異計算手段とを備えている。
【0027】第1の発明において、前記面は実空間で移動する移動体が走行する路面であり、前記障害物検出装置を前記移動体に搭載している。
【0028】上述した目的を達成するための第2の発明によれば、複数の線を有する面上の障害物領域を検出する障害物検出方法であつて、複数の画像を撮影するステップと、撮影ステップにより撮影された複数の画像を記憶するステップと、この記憶ステップにより記憶された複数の画像上に表された前記複数の線を抽出し、抽出した複数の線に基づいて前記複数の画像間の対応点を求めるステップと、このステップにより求められた対応点に基づいて、前記面上の任意の点の各画像への投影位置の間に成り立つ関係式のパラメータを計算するステップと、このパラメータ計算ステップにより計算されたパラメータにより定まる関係式に基づいて前記面に對して異なる高さを有する領域を障害物領域として検出するステップとを備えている。

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を添付図面を参照して説明する。なお、本実施形態においては、自動車等の路面（道路平面）上を走行する車両に搭載した左右2台の画像撮影デバイス（TVカメラ、ステレオカメラ）から、その走行方向前方における歩行者や先行車両の点（対応点）k'は、図3に示すように、その右画像の

の道路平面上に存在する障害物を検出する状況を想定し、その想定状況での障害物検出装置による障害物検出処理について説明する。

【0030】図1は、本実施の形態に係る障害物検出装置1の概略構成を示すブロック図である。

【0031】本実施形態の障害物検出装置1は、道路平面上を走行する車両に搭載されており、自車両の走行時の振動や道路平面の傾斜等により時々刻々変化する道路平面と各TVカメラとの幾何学的関係求め、その幾何学的関係を用いて道路平面上に存在する障害物を検出し、検出した障害物を表示するようにになっている。

【0032】すなわち、障害物検出装置1は、自車両に係る3次元空間内の共通の面である例えば走行方向前方の道路平面上の画像を撮影する左右2台のTVカメラ（左側TVカメラ2a、右側TVカメラ2b）を有する画像撮影部2と、TVカメラ2aにより撮影された画像（左画像）およびTVカメラ2bにより撮影された画像（右画像）を著信（記憶）するための画像蓄積部3と、左画像および右画像上において特徴となる2本以上の線を抽出するための特徴抽出部4と、抽出した特徴線に基づいて関係式パラメータを計算するパラメータ計算部5と、計算された関係式パラメータに基づいて道路平面に対して異なる高さを有する点を求め、この点を障害物（障害物領域）として検出する検出部6とを備えている。

【0033】本実施形態においては、図2に示すように、上記道路平面上の2本の線を、道路平面両端の2本の白線（L、L'）とし、道線1、1'方向をY軸、このY軸に対して道路平面に於いて直交する方向をX軸とするワールド座標系（絶対座標系）を設定する。

【0034】画像撮影部2は、左右2台のTVカメラ2a、2bにより道路平面上の2枚の画像（左画像1L、右画像1R）をそれぞれ撮影するようにになっている。

【0035】各TVカメラ2a、2bは、例えば所定間隔を空けて、例えばワールド座標系のX軸方向に於いて左右に並べて取りつけられており、その撮影方向は、走行車両の前方に限らず、後方やサイド方向であってもよい。また、各TVカメラ2a、2bの焦点距離を切り換えることにより、道路平面（路面）の状況に応じて、広角撮影および望遠撮影を行うことも可能である。

【0036】そして、本実施形態における2台のTVカメラ2a、2bは、そのワールド座標系に対する位置や姿勢は未知で、エビポーラ拘束のみが既知であるとし、走行中に変化しないように構成されている。

【0037】ここで、エビポーラ拘束とは、一般的にステレオカメラに対して成り立つ拘束であり、一方の画像（本実施形態では左画像とし、この画像を基準画像とも呼ぶ）上の任意の点kに対応する他方の画像（本実施形態では右画像とし、この画像を参照画像とも呼ぶ）上で

1 R上のある直線上に拘束されることを意味する。

[0038] この直線のことをエピソードラインEと呼ぶ。このエピソードラインEは、左画像1L上の点kと左側TVカメラ2aの視点(レンズの中心点位置)とを右画像1R上に投影してそれらを結ぶことにより定められる。

[0039] 例えば、各TVカメラ2a、2bの光軸を平行に配置した場合には、左画像1L上の任意の点の右画像1R上での対応点は、その右画像1R上における同一走査線上に存在するので、エピソードラインと走査線は一致する。

[0040] エピソード拘束は、ステレオカメラ(左側(但し、Fは、3×3のマトリクス)という関係式が成り立つ。

[0042] 8組以上、すなわち、N=8以上の対応点の組からマトリクスFを求めることができる。すなわち、マトリクスFを対応点の組のみを用いて求めることができるため、ワールド座標系に対する3次元位置が既知な点を用える必要がなく、前述したキャリブレーション

$$(F_{11} u + F_{12} v + F_{13}) u' + (F_{21} u + F_{22} v + F_{23}) v' + (F_{31} u + F_{32} v + F_{33}) = 0$$

上にあることとなり、これがエピソードラインEとなる。すなわち、式(2)がエピソード拘束を現す。ここで、F_{ij} (i, j=1, 2, 3) はマトリクスFの1行j列の要素である。

[0044] 画像処理部3は、画像メモリを有しており、画像撮影部2の各TVカメラ2a、2bにより撮影された2枚の画像(左画像1L、右画像1R)を画像メモリにそれぞれ格納するようになっている。

[0045] 特徴抽出部4は、演算処理プロセスおよびメモリを有しており、最初に、画像処理部2により番組された2枚の画像(左画像1L、右画像1R)上において、道路両端の2本の直線(白線)1、1'をそれぞれ抽出する。

[0046] なお、上記2本の直線抽出は、Hough変換等を用いて行なう。直線1と1'は左右画像1L、1R上において、各々交点(消失点) V、V'を持ち、V'はVのエピソードラインV上にあることを利用すれば、計算量を削減することが可能である。

[0047] このとき、左画像1L上における直線1上の任意の2点を各々A、C、直線1'上の任意の2点を各々B、Dとすると、特徴抽出部4は、これら4点の右画像1R上の対応点A'、B'、C'、D'を、エピソード拘束を用いることにより求める。

$$u' = \frac{h_{11} u + h_{12} v + h_{13}}{h_{31} u + h_{32} v + h_{33}}, \quad v' = \frac{h_{21} u + h_{22} v + h_{23}}{h_{31} u + h_{32} v + h_{33}} \quad \text{..... (4)}$$

TVカメラ2a、右側TVカメラ2b)間の相対的な位置・姿勢の関係と、各カメラ2a、2bの内部パラメータ、すなわち、各カメラレンズの焦点距離、画像原点等に依存するため、エピソード拘束が不変であるということとは、ステレオカメラ2a、2bの相対的な位置関係等が走行中に変化しないことを意味する。

[0041] エピソード拘束は以下のようにして求めておく。今、ステレオ画像(左画像1L、右画像1R)の任意の対応点の組(u₁, v₁)、(u₁', v₁') (i=1, 2, ..., N)には、

$$(u_i', v_i', 1)^T = 0 \quad \text{..... (2)}$$

ヨソ処理(作業)に比べて、非常に簡単な処理によりマトリクスFを求めることができる。

[0043] このようにして、マトリクスFが求まると、左画像1L上のある点(u, v)の対応点は、右画像1R上の直線

[数3]

$$(F_{11} u + F_{12} v + F_{13}) u' + (F_{21} u + F_{22} v + F_{23}) v' + (F_{31} u + F_{32} v + F_{33}) = 0$$

[0048] すなわち、点Aの対応点A'は、右画像1R上において、直線1と点AのエピソードラインLAの交点として求めることができる。同様に、点B'、C'、D'も、それぞれ、点B、C、DのエピソードラインLB、LC、LDの交点として求めることができる。

[0049] ここで、得られた点A、B、C、Dおよび点A'、B'、C'、D'の座標データを、それぞれ(u_A, v_A)、(u_B, v_B)、(u_C, v_C)、(u_D, v_D)、(u_A', v_A')、(u_B', v_B')、(u_C', v_C')、(u_D', v_D')とすると、

[0050] パラメータ計算部5は、演算処理プロセスおよびメモリを有しており、特徴抽出部4により求められた4組の点の対応関係に基づいて、道路平面上の任意の点の左画像1L上の投影点(u, v)と右画像1R上の投影点(u', v')の間に成り立つ関係式のパラメータ(関係式パラメータ)を計算する。

[0051] 今、道路平面上の任意の点P (X, Y)の左画像1L、1R上への投影点をそれぞれ(u, v)、(u', v')とすれば、

[数4]

$$u' = \frac{h_{11} u + h_{12} v + h_{13}}{h_{31} u + h_{32} v + h_{33}}, \quad v' = \frac{h_{21} u + h_{22} v + h_{23}}{h_{31} u + h_{32} v + h_{33}} \quad \text{..... (4)}$$

なる関係式が成り立つ。

[0052]

[外4]

$$\text{ここで、} \vec{h} = (h_{11}, h_{12}, h_{13}, h_{21}, h_{22}, h_{23}, h_{31}, h_{32}, h_{33})^T$$

(Tは転置記号)は、各カメラ2a、2bのワールド座標系(道路平面)に対する位置や方向、カメラレンズの焦点距離、画像原点等によって決まる関係式パラメータである。

[0053]

[外5]

すなわち、パラメータ計算部5は、上記関係式パラメータ \vec{h} を特徴抽出部4で

求められた4つの対応点の組((u_A, v_A), (u_A', v_A') ~ (u_D, v_D), (u_D', v_D')}に基づいて計算する。

$$(u'_o, v'_o) \text{ } \} \text{ に基づいて計算する。}$$

[0054]

[外6]

今、1つの解 \vec{h} が上式(4)を満足するならば、その \vec{h} を定数k倍した $k\vec{h}$ も

上式を満足するため、 $h_{ii}=1$ としても一般性を失わない。したがって、上式(4)において $h_{ii}=1$ として分母を払って整理すると、

[数5]

$$\begin{cases} u' = h_{11} u + h_{12} v + h_{13} - u' (h_{31} u + h_{32} v) \\ v' = h_{21} u + h_{22} v + h_{23} - v' (h_{31} u + h_{32} v) \end{cases} \quad \text{..... (5)}$$

[0055]

[外7]

上記方程式(5)を4組の対応ベクトル((u_A, v_A), (u_A', v_A')、(u_B, v_B), (u_B', v_B')、(u_C, v_C), (u_C', v_C')、(u_D, v_D), (u_D', v_D'))がそれぞれ満足するため、8つの未知パラメータ $h_{11}, \sim h_{33}$ に対し8本の連立方程式が得られる。そこで、パラメータ計算部5は、上記8本の連立方程式を解くことにより、関係式パラメータ $h_{11}, \sim h_{33}$ を求め、これら $h_{11}, \sim h_{33}$ と $h_{ii}=1$ より、関係式パラメータ \vec{h} を求めることができる。

[0056] 抽出部6は、演算処理プロセスおよびメモリを有しており、左画像1L上の任意の点P (u, v)の傾度をBL (u, v)とし、この点P (u, v)が道路平面上に存在すると仮定した場合の上記点P (u, v)の右画像1R上での対応点P' (u', v')を求め、点PとP'は正しい対応点の組となるから、基本的には点PとP'の傾度が同じになる。

[0057] 今、求められた点P' (u', v')の傾度をBR (u', v')とすると、点P (u, v)が実際に道路平面上に存在すれば、点PとP'は正しい対応点の組となるから、基本的には点PとP'の傾度が同じになる。

[0058] すなわち、

前掲(4)式に基づいて求める。

【数6】

$$D = 1/B_L(u, v) - B_R(u', v') \quad (1) \quad (1 \cdot 1 \text{は絶対値}) \quad \dots\dots (6)$$

とした場合、検出部6は、 $D \neq 0$ 、あるいは誤差を考慮し、 $D > \text{Thr}$ (Thr はあらかじめ設定した閾値) とする点Pを障害物領域に属すると判定し、この点Pを障害物として検出することができる。

以上述べたように、本実施形態の障害物検出装置1によれば、道路面上の複数

の線を用いて、各カメラの道路面との関係を表すパラメータ \vec{h} を求め、この関係

式パラメータ \vec{h} に基づいて道路平面上の障害物領域を検出することができる

、自動車走行中における上述した走行車両自体の振動や道路の傾斜の変化等に影響を受けることなく、障害物領域を検出することができる。

【0060】したがって、障害物(障害物検出領域)の検出精度を向上させることができ、車両の安全性・信頼性の一層の向上に寄与することができる。

【0061】例えば、図5に示すように、検出部6により検出された障害物領域情報および自動車における例えば運転手のハンドル操作に応じた運転方向指示情報に基づいて警報発生処理を行う警報発生部7を設けておくことにより、運転手のハンドルの操作により、自車両を障害物領域(障害物)に向かわせるための運転方向指示情報(警報発生部7)に送られること、警報発生部7は、障害物領域情報および運転方向指示情報に基づいて自車両が障害物領域に向かつて走行することを判断し、警報を発生する。

【0062】この結果、走行車両の運転手は、自車両が障害物へ向かつて走行していることを認識することができ、安全な、車両の安全性・信頼性の一層の向上に寄与することができる。

【0063】さらに、本実施形態の変形例として、図6に示すように、自車両内の運転手が認識できる位置に取り付けられたディスプレイ8と、画像処理部3に蓄積された例えば左画像1Lをそのディスプレイ8に表示し、検出部6により検出された障害物領域情報に基づいて、上記左画像1Lに対して、障害物領域以外の安全領域と障害物領域との表示態様を異ならせる表示処理(例えば、安全領域を緑の表示色、障害物領域を赤の表示色にする処理や、障害物領域を表すマーカーを左画像1L上の障害物領域の座標位置に重畳位置で行う画像処理プロセス9)とを設けてもよい。

【0064】このように構成すれば、走行車両の前方に存在する障害物領域と安全領域とがディスプレイ8上で明確に識別できるため、ディスプレイ8を参照することにより、運転手の視界の死角に存在する障害物等を容易かつ確実に認識することができる、車両の安全性・信頼性の一層の向上に寄与することができる。

【0065】なお、本実施形態においては、画像撮影部10は、以下のように、変換画像 $g'(u, v)$ を求め

【0059】
【外8】

$$(1 \cdot 1 \text{は絶対値}) \quad \dots\dots (6)$$

とした場合、検出部6は、 $D \neq 0$ 、あるいは誤差を考慮し、 $D > \text{Thr}$ (Thr はあらかじめ設定した閾値) とする点Pを障害物領域に属すると判定し、この点Pを障害物として検出することができる。

以上述べたように、本実施形態の障害物検出装置1によれば、道路面上の複数

の線を用いて、各カメラの道路面との関係を表すパラメータ \vec{h} を求め、この関係

式パラメータ \vec{h} に基づいて道路平面上の障害物領域を検出することができる

、自動車走行中における上述した走行車両自体の振動や道路の傾斜の変化等に影響を受けることなく、障害物領域を検出することができる。

【0060】したがって、障害物(障害物検出領域)の検出精度を向上させることができ、車両の安全性・信頼性の一層の向上に寄与することができる。

【0061】例えば、図5に示すように、検出部6により検出された障害物領域情報および自動車における例えば運転手のハンドル操作に応じた運転方向指示情報に基づいて警報発生処理を行う警報発生部7を設けておくことにより、運転手のハンドルの操作により、自車両を障害物領域(障害物)に向かわせるための運転方向指示情報(警報発生部7)に送られること、警報発生部7は、障害物領域情報および運転方向指示情報に基づいて自車両が障害物領域に向かつて走行することを判断し、警報を発生する。

【0062】この結果、走行車両の運転手は、自車両が障害物へ向かつて走行していることを認識することができ、安全な、車両の安全性・信頼性の一層の向上に寄与することができる。

【0063】さらに、本実施形態の変形例として、図6に示すように、自車両内の運転手が認識できる位置に取り付けられたディスプレイ8と、画像処理部3に蓄積された例えば左画像1Lをそのディスプレイ8に表示し、検出部6により検出された障害物領域情報に基づいて、上記左画像1Lに対して、障害物領域以外の安全領域と障害物領域との表示態様を異ならせる表示処理(例えば、安全領域を緑の表示色、障害物領域を赤の表示色にする処理や、障害物領域を表すマーカーを左画像1L上の障害物領域の座標位置に重畳位置で行う画像処理プロセス9)とを設けてもよい。

【0064】このように構成すれば、走行車両の前方に存在する障害物領域と安全領域とがディスプレイ8上で明確に識別できるため、ディスプレイ8を参照することにより、運転手の視界の死角に存在する障害物等を容易かつ確実に認識することができる、車両の安全性・信頼性の一層の向上に寄与することができる。

【0065】なお、本実施形態においては、画像撮影部10は、以下のように、変換画像 $g'(u, v)$ を求め

る。

【0072】
【数7】

$$g'(u, v) = g(u', v') \quad \dots\dots (7)$$

但し、 (u', v') は、前項式(4)により求める。
【0073】 $g'(u, v)$ は、画像 $g(u, v)$ 上の任意の点が道路平面上に存在すると仮定した場合に、左側TVカメラ2aで得られる画像である。

【0074】例えば、図9に示す右画像 $g(u, v)$ からは、同図に示すような変換画像 $g'(u', v')$ が得られる。図10に示すように、道路平面上にある点の

$$D' = 1/f(u, v) - g'(u', v') \quad (1 \cdot 1 \text{は絶対値}) \quad \dots\dots (8)$$

で表される差 D' を計算し、この D' が、 $D' \neq 0$ 、あるいは誤差を考慮し、 $D' > \text{Thr}$ (Thr はあらかじめ設定した閾値) となる点 (u, v) を障害物領域に属すると判定し、この点 (u, v) を障害物として検出することができる。

【0077】また、検出部6の差異検出部は、画像間差分をとることによって2枚の画像(左画像、右画像)の差異を検出したが、本変形例はこれに限定されるものでない。

$$C = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N \frac{(F(u+\xi, v+\eta) - a_1)(G(u+\xi, v+\eta) - a_2)}{o_1 o_2} \quad \dots\dots (9)$$

で表される。

【0080】ここで、 $N = (2\omega + 1) \times (2\omega + 1)$ 、 a_1 、 a_2 は2枚の画像 $F(u, v)$ 、 $G(u, v)$ のウィンドウ内の画素の平均、 o_1 、 o_2 は、2枚の画像 $F(u, v)$ 、 $G(u, v)$ のウィンドウ内の画素の分散である。

【0081】このとき、差異計算部11は、計算値 $C < \text{Thr}$ (Thr はあらかじめ設定した閾値) を満足する点 (u, v) を障害物領域に属すると判定するようになっている。

【0082】上述したように、検出部を变形例に示したように構成しても、障害物領域を容易に検出することができ、

【0083】また、本実施例では道路平面上の両端の2本の白線を直線として抽出したが、道路がカーブしている場合には白線は曲線となる。この場合には、白線を曲線として抽出すれば、同様に障害物を検出することができ、

【0084】また、本実施形態では、道路面を平面と仮定して説明したが、曲面の場合であっても、平面の場合と同様に障害物を検出することができる。

【0085】さらに、本実施形態においては、図1に示した各ブロック構成要素4〜6それぞれが演算処理プロセッサおよびメモリを有しているとして説明したが、本発明

投影点は、左画像 $f(u, v)$ と変換画像 $g'(u', v')$ で同一となるのに対し、道路平面上にない点、すなわち、障害物(この場合は先行車両)上の点は、道路からの高さに応じて異なる位置に投影される。

【0075】したがって、この左画像 $f(u, v)$ と変換画像 $g'(u', v')$ との間の差分(画像間差分)を取ることににより、道路平面上の障害物を検出することが可能である。

【0076】すなわち、差異計算部11は、
【数8】

$$(1 \cdot 1 \text{は絶対値}) \quad \dots\dots (8)$$

【0078】例えば、検出部6の差異検出部は、各画像(左画像、右画像)の対応する各点(各画素)に対して、 $(2\omega + 1) \times (2\omega + 1)$ のウィンドウを想定し、ウィンドウ内の画素値の正規化相互相関 C を計算して差異を検出することも可能である。

【0079】この場合、2枚の画像(左画像、右画像) $F(u, v)$ 、 $G(u, v)$ の点 (u, v) Cは、
【数9】

$$C = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N \frac{(F(u+\xi, v+\eta) - a_1)(G(u+\xi, v+\eta) - a_2)}{o_1 o_2} \quad \dots\dots (9)$$

はこれに限定されるものではなく、1つの演算処理プロセッサおよびメモリにより上述した特徴抽出部4の特徴抽出処理、関係式パラメータ計算部の関係式パラメータ計算処理および検出部6の障害物検出処理を行うように構成することも可能である。

【0086】ところで、本実施形態では、道路面上を走行する車両に搭載されたTVカメラからの障害物検出に關して説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば、航空機やヘリコプター等の移動体が相対する道路の路面上に残留する露の障害物検出にも適用することが可能である。

【0087】一方、本実施形態によれば、車両等の移動体に2台以上のTVカメラを搭載された場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。

【0088】例えば、図11に示すように、移動体(車両15)には1台のTVカメラ2を搭載し、予め車両15が走行する道路の路側の上方に例えば所定間隔毎に設置された道路監視用カメラ16の画像を利用することにより、上述したステレオ視覚技術に基づく障害物検出処理を行うことも可能である。

【0089】すなわち、車両15に搭載された1台のTVカメラ2aを有する障害物検出装置1aは、その走行位置近傍に設置された道路監視用カメラ16の画像を無線通信装置17を経由して受け取り、この画像(第1の

画像)と自車両15により撮影された画像(第2の画像)に基づいて上述したステレオ視技術に基づく処理を実行することにより、道路上の障害物を検出することが可能である。

【0090】そして、障害物検出装置1aは、自車両15の走行に応じて、自車両15の現在の走行位置に近い方の監視用カメラ16から無線通信装置17を介して送信された第1の画像を用いることにより、逆続した障害物検出処理を行うことができる。

【0091】このように構成すれば、上述した効果に加えて、車両に搭載するTVカメラの台数を減らすことができ、障害物検出装置のシステムが簡素化される。なお、車両に搭載されたTVカメラと道路監視用カメラとの大きさが異なる場合には、得られた第1および第2の画像間で補正処理を行うことが必要である。

【0092】その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲内であれば、如何なる変形も可能である。

【0093】

【発明の効果】以上述べたように、本発明の障害物検出方法および装置によれば、路面等の面からの高さの有無により障害物を検出することができるため、明るさの変動や影の影響を受けることなく、画像中から先行車や歩行者等の障害物を検出することができる。

【0094】特に、本発明では、路面と各撮影デバイスとの幾何学的な関係を、直線検出等の簡単な処理により求めているため、走行中の振動や道路平面に傾斜にある場合でも、安定に面上の障害物を検出することができる。その適用性を大幅に向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態に係る障害物検出装置の概略構成を示すブロック図。

【図2】道路平面上に設定されたツール座標系および道路平面上の白線を示す図。

【図3】エッジロー拘束を説明するための図。

【図4】図1に示す特徴抽出部の白線抽出処理および左

右画像間の対応点の類を求める処理を説明するための図。

【図5】図1の構成に加えて、電報発生処理機能を有する障害物検出装置を示すブロック図。

【図6】図1の構成に加えて、ディスプレイに対する障害物領域および安全領域の表示処理を有する障害物検出装置を示すブロック図。

【図7】図1に示す検出部の他の構成を示すブロック図。

【図8】ステレオ画像の一例を示す図。

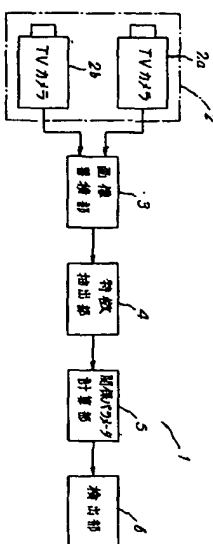
【図9】右画像とその変換画像を示す図。

【図10】左画像と右画像の変換画像とを示す図。

【図11】本発明の变形例として、移動体に1台のTVカメラを搭載し、道路の路側に設置された道路監視用カメラを利用してステレオ視を行う構成を示す図。

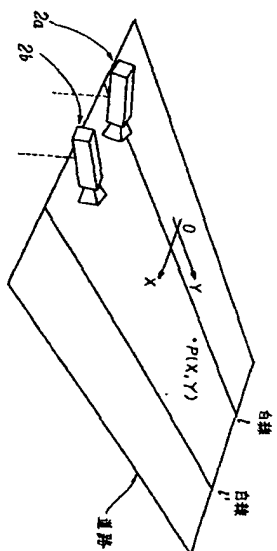
【符号の説明】

- 1 障害物検出装置
 - 2 画像撮影部
 - 2a、2b TVカメラ
 - 3 画像処理部
 - 4 特徴抽出部
 - 5 関係式パラメータ計算部
 - 6 検出部
 - 7 電報発生部
 - 8 ディスプレイ
 - 9 画像処理プロセス
 - 10 画像変換部
 - 11 差異計算部
- 【手続補正2】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図1
【補正方法】変更
【補正内容】
【図1】



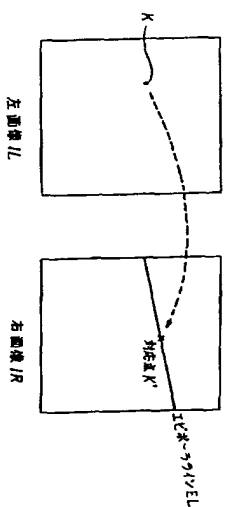
【手続補正3】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図2

【補正方法】変更
【補正内容】
【図2】



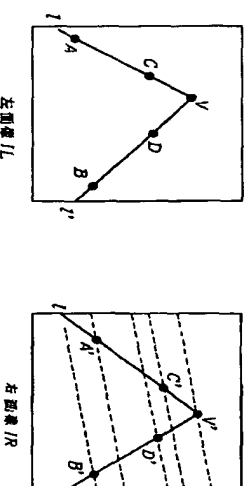
【手続補正4】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図3

【補正方法】変更
【補正内容】
【図3】



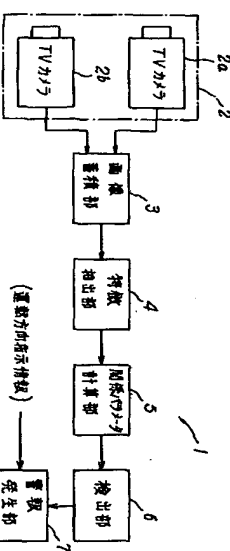
【手続補正5】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図4

【補正方法】変更
【補正内容】
【図4】



【手続補正6】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図5

【補正方法】変更
【補正内容】
【図5】



【手続補正7】

【補正対象書類名】図面

